

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-171488  
(43)Date of publication of application : 23.06.2000

(51)Int.Cl. G01R 13/40  
G01R 1/06  
G01R 13/34  
G01R 15/24  
G01R 31/302

(21)Application number : 11-275384 (71)Applicant : ANDO ELECTRIC CO LTD  
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP

(22) Date of filing : 28.09.1999

(71)Applicant : ANDO ELECTRIC CO LTD  
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22) Date of filing : 28.09.1999

(72)Inventor : ITO AKINARI  
OTA KATSUSHI  
YAGI TOSHIYUKI  
SHINAGAWA MITSURU  
NAGATSUMA TADAO  
YAMADA JUNZO

(30)Priority

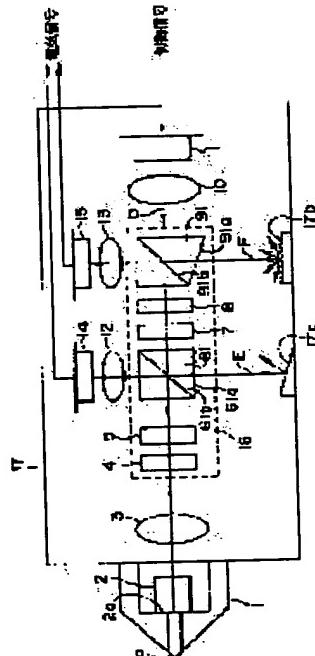
Priority number : 10294568 Priority date : 30.09.1998 Priority country : JP

**(54) ELECTROOPTICAL PROBE**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an electrooptical probe for preventing unneeded reflection light being generated in optical parts in a probe from entering a photodiode.

**SOLUTION:** An irregular surface 61a and a slope 91a are provided on the lower surface of polarization beam splitters 61 and 91, and the optical axis of light being reflected on reflection surfaces 61b and 91b is inclined. Also, by providing a slope 17a and an irregular surface 17b on the inner surface of a probe body 17, the optical axis of light being reflected on the reflection surfaces 61b and 91b is inclined so that light does not enter photodiodes 14 and 15, thus preventing unneeded reflection light from entering the photodiodes 14 and 15 and hence improving the S/N ratio of a signal being outputted from the photodiodes 14 and 15.



## **LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

06.09.2001

[Date of sending the examiner's decision of

[rejection]

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

3420977

[Patent number]

18.04.2003

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-171488  
(P2000-171488A)

(43)公開日 平成12年6月23日(2000.6.23)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 1 R 13/40  
1/06  
13/34  
15/24  
31/302

識別記号

F I  
G 0 1 R 13/40  
1/06  
13/34  
15/07  
31/28

テーマコード<sup>\*</sup>(参考)

F  
Z  
C  
L

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平11-275384  
(22)出願日 平成11年9月28日(1999.9.28)  
(31)優先権主張番号 特願平10-294568  
(32)優先日 平成10年9月30日(1998.9.30)  
(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000117744  
安藤電気株式会社  
東京都大田区蒲田4丁目19番7号  
(71)出願人 000004226  
日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号  
(72)発明者 伊藤 昭成  
東京都大田区蒲田4丁目19番7号 安藤電  
気株式会社内  
(74)代理人 100064908  
弁理士 志賀 正武 (外7名)

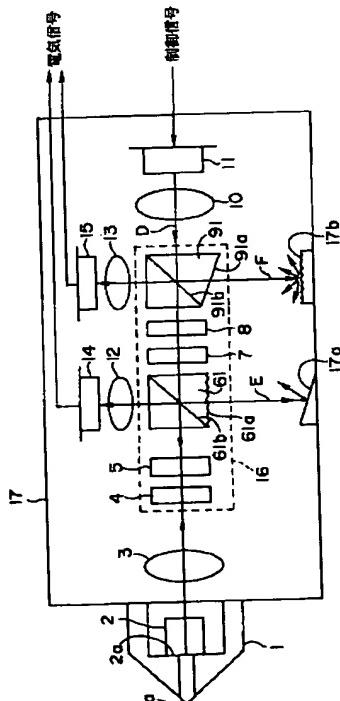
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電気光学プローブ

(57)【要約】

【課題】 プローブ内の光学部品において発生する不要な反射光がフォトダイオードへ入射することを防止する電気光学プローブを提供する。

【解決手段】 偏光ビームスプリッタ61、91の下面に凹凸面61a、傾斜面91aを設け、反射面61b、91bにおいて反射された光の光軸を傾ける。また、プローブ本体17の内面に傾斜面17a及び凹凸面17bを設けることによって反射面61b、91bにおいて反射された光の光軸をフォトダイオード14、15へ入射しないように傾ける。これによって、不要な反射光がフォトダイオード14、15へ入射することを防止できるので、フォトダイオード14、15から出力する信号のS/N比を向上することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 オシロスコープ本体の制御信号に基づいてレーザ光を発するレーザダイオードと、前記レーザ光を平行光にするコリメートレンズと、端面に反射膜を有し、この反射膜側の端面に設けられた金属ピンを介して電界が伝播されて光学特性が変化する電気光学素子と、前記コリメートレンズと前記電気光学素子との間に設けられ、前記レーザダイオードが発したレーザ光を通過させ前記レーザ光が前記反射膜によって反射された反射光の分離をする偏光ビームスプリッタを備えたアイソレータと、前記アイソレータによって分離された反射光を電気信号に変換するフォトダイオードと、からなる電気光学プローブにおいて、

前記偏光ビームスプリッタを挟んで前記フォトダイオードと対向する位置に反射防止部を設けたことを特徴とする電気光学プローブ。

【請求項2】 前記フォトダイオード及び前記レーザダイオードは、電気光学サンプリングオシロスコープに接続され、前記レーザダイオードは、前記レーザ光を前記電気光学サンプリングオシロスコープからの制御信号に基づいてパルス光として発することを特徴とする請求項1記載の電気光学プローブ。

【請求項3】 前記レーザダイオードは、前記レーザ光として連続光を発することを特徴とする請求項1記載の電気光学プローブ。

【請求項4】 前記反射防止部は、規則性のない凹凸面を備えたことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかの項に記載の電気光学プローブ。

【請求項5】 前記反射防止部は、前記偏光ビームスプリッタから出射された光が前記フォトダイオードへ入射する間の光軸に垂直でない面を備えたことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかの項に記載の電気光学プローブ。

【請求項6】 オシロスコープ本体の制御信号に基づいてレーザ光を発するレーザダイオードと、前記レーザ光を平行光にするコリメートレンズと、端面に反射膜を有し、この反射膜側の端面に設けられた金属ピンを介して電界が伝播されて光学特性が変化する電気光学素子と、前記コリメートレンズと前記電気光学素子との間に設けられ、前記レーザダイオードが発したレーザ光を通過させ前記レーザ光が前記反射膜によって反射された反射光の分離をする偏光ビームスプリッタを備えたアイソレータと、前記アイソレータによって分離された反射光を電気信号に変換するフォトダイオードと、からなる電気光学プローブにおいて、

前記フォトダイオードが配置されている方向とは反対の前記偏光ビームスプリッタの面を、この面から出射する光の光軸が、該偏光ビームスプリッタから出射された光が該フォトダイオードへ入射する時の光軸に平行にならないように加工したこと特徴とする電気光学プローブ。

【請求項7】 前記フォトダイオード及び前記レーザダイオードは、電気光学サンプリングオシロスコープに接続され、前記レーザダイオードは、前記レーザ光を前記電気光学サンプリングオシロスコープからの制御信号に基づいてパルス光として発することを特徴とする請求項6記載の電気光学プローブ。

【請求項8】 前記レーザダイオードは、前記レーザ光として連続光を発することを特徴とする請求項6記載の電気光学プローブ。

【請求項9】 前記偏光ビームスプリッタの加工面は、規則性のない凹凸面に加工された面であることを特徴とする請求項6乃至8のいずれかの項に記載の電気光学プローブ。

【請求項10】 前記偏光ビームスプリッタの加工面は、前記偏光ビームスプリッタから出射された光が前記フォトダイオードへ入射する時の光軸に垂直でない面に加工された面であることを特徴とする請求項6乃至8のいずれかの項に記載の電気光学プローブ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、被測定信号によって発生する電界を電気光学結晶に結合させ、この電気光学結晶に光を入射し、入射光の偏光状態により、被測定信号の波形を観測する電気光学プローブであって、特に、光学系を改良した電気光学プローブに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 被測定信号によって発生する電界を電気光学結晶に結合させ、この電気光学結晶にレーザ光を入射し、レーザ光の偏光状態により被測定信号の波形を観測することができる。ここでレーザ光をパルス状にし、被測定信号をサンプリングすると非常に高い時間分解能で測定することができる。この現象を利用した電気光学プローブを用いたのが電気光学サンプリングオシロスコープである。

【0003】 この電気光学サンプリング (Electro Optical Sampling) オシロスコープ (以下「EOSオシロスコープ」と略記する) は、電気式プローブを用いた従来のサンプリングオシロスコープと比較して、

- 1) 信号を測定する際に、グランド線を必要としないため、測定が容易
- 2) 電気光学プローブの先端にある金属ピンが回路系から絶縁されているので高入力インピーダンスを実現でき、その結果被測定点の状態をほとんど乱すことがない

3) 光パルスを利用することからGHzオーダーまでの広帯域測定が可能といった特徴があり注目を集めている。

【0004】EOSオシロスコープによる信号測定を行う際に用いられる従来の電気光学プローブの構成を図2を参照して説明する。図2において、符号1は、絶縁体でできたプローブヘッドであり、この中に金属ピン1aが嵌め込まれている。符号2は、電気光学素子であり、金属ピン1a側の端面に反射膜2aが設けられ、金属ピン1aに接している。符号3、10は、コリメートレンズである。符号4は1/2波長板であり、符号5は、1/4波長板である。符号6及び9は、偏光ビームスプリッタである。符号7は、1/2波長板であり、符号8は、入射された光の偏光面を45度回転するファラディー素子である。符号11は、EOSオシロスコープ本体(図示せず)から出力された制御信号に応じてレーザ光を発するレーザダイオードである。符号12、13はコリメートレンズである。符号14及び15は、フォトダイオードであり、入力されたレーザ光を電気信号にしてEOSオシロスコープ本体へ出力する。符号16は、1/2波長板4、7と、1/4波長板5と、偏光ビームスプリッタ6、9とファラディー素子8とからなるアイソレータである。符号17は、プローブ本体である。

【0005】次に、図2を参照して、レーザダイオード11から発せられたレーザ光の光路について説明する。図2において、レーザ光の光路を符号Aで表す。先ず、レーザダイオード11から出射したレーザ光はコリメートレンズ10により平行光に変換され、偏光ビームスプリッタ9、ファラディー素子8、1/2波長板7、偏光ビームスプリッタ6を直進し、さらに、1/4波長板5、1/2波長板4を通って、コリメートレンズ3によって集光されて電気光学素子2に入射する。入射した光は、金属ピン1a側の電気光学素子2の端面に形成された反射膜2aにより反射する。

【0006】反射したレーザ光は、コリメートレンズ3によって平行光にされ、再び1/2波長板4、1/4波長板5を通り、レーザ光の一部は、偏光ビームスプリッタ6により反射されて、さらにコリメートレンズ12によって集光されてフォトダイオード14へ入射する。偏光ビームスプリッタ6を透過したレーザ光は、偏光ビームスプリッタ9で反射されて、さらにコリメートレンズ13によって集光されてフォトダイオード15へ入射する。なお、1/4波長板4はフォトダイオード14とフォトダイオード15へ入射するレーザ光の強度が同一になるよう調整するものである。また、1/2波長板4は、電気光学素子2へ入射する光の偏光面を調整するものであり、1/2波長板7は、偏光ビームスプリッタ6、9の軸を一致させるためのものである。

【0007】次に、図2に示した電気光学プローブを用

いて、被測定信号を測定する動作について説明する。金属ピン1aを、測定点に接触させると、金属ピン1aに加わる電圧によって、電気光学素子2では、その電界が電気光学素子2へ伝搬し、ポックルス効果により複屈折率が変化する現象が起きる。これにより、レーザダイオード11から発せられたレーザ光が電気光学素子2へ入射して、そのレーザ光が電気光学素子2を伝搬するときに光の偏光状態が変化する。そして、この偏光状態が変化したレーザ光は、反射膜2aによって反射され、フォトダイオード14、15へ入射し、電気信号に変換される。

【0008】測定点の電圧の変化にともなって、電気光学素子2による偏光状態の変化がフォトダイオード14とフォトダイオード15の出力差になり、この出力差を検出することによって、金属ピン1aに加わる電気信号を測定することができる。なお、以上説明した電気光学プローブにおいて、フォトダイオード14、15から得られた電気信号は、EOSオシロスコープに入力されて、処理されるが、これに代えて、フォトダイオード14、15に専用コントローラを介してリアルタイムオシロスコープ等の従来からある測定器を接続し、信号測定を行うこともできる。これにより、電気光学プローブを使用して広帯域測定を簡単に行うことができる。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来技術の電気光学プローブにあっては、図2に示す光路B、Cのように、レーザダイオード11から発せられたレーザ光は、偏光ビームスプリッタ6、9の消光比の悪さから、反射面6b、9bにおいて、透過されるべき光の一部が反射されてしまう。この反射された光は、さらに、プローブ本体17の内面において反射されてフォトダイオード14、15に入射してノイズ光となって電気信号に変換されるためにS/N比を悪化させ、結果的にEOSオシロスコープの計測誤差として表れるという問題がある。

【0010】また、使用する偏光ビームスプリッタ6、9の消光比を良くすることは、困難であるとともに光学部品のコストアップになるという問題がある。

【0011】本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、プローブ内の不要な反射光を低減して、S/N比を向上することができる電気光学プローブを提供することを目的とする。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、オシロスコープ本体の制御信号に基づいてレーザ光を発するレーザダイオードと、前記レーザ光を平行光にするコリメートレンズと、端面に反射膜を有し、この反射膜側の端面に設けられた金属ピンを介して電界が伝播されて光学特性が変化する電気光学素子と、前記コリメートレンズと前記電気光学素子との間に設けられ、前記



(4)

5

特開2000-171488

6

レーザダイオードが発したレーザ光を通過させ前記レーザ光が前記反射膜によって反射された反射光の分離をする偏光ビームスプリッタを備えたアイソレータと、前記アイソレータによって分離された反射光を電気信号に変換するフォトダイオードとからなる電気光学プローブにおいて、前記偏光ビームスプリッタを挟んで前記フォトダイオードと対向する位置に反射防止部を設けたことを特徴とする。

【0013】請求項2に記載の発明は、前記フォトダイオード及び前記レーザダイオードは、電気光学サンプリングオシロスコープに接続され、前記レーザダイオードは、前記レーザ光を前記電気光学サンプリングオシロスコープからの制御信号に基づいてパルス光として発することを特徴とする。請求項3に記載の発明は、前記レーザダイオードは、前記レーザ光として連続光を発することを特徴とする。請求項4に記載の発明は、前記反射防止部は、規則性のない凹凸面を備えたことを特徴とする。

【0014】請求項5に記載の発明は、前記反射防止部は、前記偏光ビームスプリッタから出射された光が前記フォトダイオードへ入射する間の光軸に垂直でない面を備えたことを特徴とする。

【0015】請求項6に記載の発明は、オシロスコープ本体の制御信号に基づいてレーザ光を発するレーザダイオードと、前記レーザ光を平行光にするコリメートレンズと、端面に反射膜を有し、この反射膜側の端面に設けられた金属ピンを介して電界が伝播されて光学特性が変化する電気光学素子と、前記コリメートレンズと前記電気光学素子との間に設けられ、前記レーザダイオードが発したレーザ光を通過させ前記レーザ光が前記反射膜によって反射された反射光の分離をする偏光ビームスプリッタを備えたアイソレータと、前記アイソレータによって分離された反射光を電気信号に変換するフォトダイオードとからなる電気光学プローブにおいて、前記フォトダイオードが配置されている方向とは反対の前記偏光ビームスプリッタの面を、この面から出射する光の光軸が、該偏光ビームスプリッタから出射された光が該フォトダイオードへ入射する時の光軸に平行にならないように加工したこと特徴とする。

【0016】請求項7に記載の発明は、前記フォトダイオード及び前記レーザダイオードは、電気光学サンプリングオシロスコープに接続され、前記レーザダイオードは、前記レーザ光を前記電気光学サンプリングオシロスコープからの制御信号に基づいてパルス光として発することを特徴とする。請求項8に記載の発明は、前記レーザダイオードは、前記レーザ光として連続光を発することを特徴とする。請求項9に記載の発明は、前記偏光ビームスプリッタの加工面は、規則性のない凹凸面に加工された面であることを特徴とする。

【0017】請求項10に記載の発明は、前記偏光ビー

ムスプリッタの加工面は、前記偏光ビームスプリッタから出射された光が前記フォトダイオードへ入射する時の光軸に垂直でない面に加工された面であることを特徴とする。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態による電気光学プローブ（以下プローブと称す）を図面を参照して説明する。図1は同実施形態の構成を示した図である。図1において、図2に示す従来のプローブと同一の部分には同一の符号を付し、その説明を省略する。この図に示すプローブが従来技術と異なる点は、下面に規則性のない凹凸を設けた凹凸面61aを有した偏光ビームスプリッタ61と、下面に傾斜面91aを有した偏光ビームスプリッタ91を設けた点と、プローブ本体17の内面に傾斜面を有した反射防止部17a及び凹凸面を有した反射防止部17bを設けた点である。

【0019】次に、図1を参照して、レーザダイオード11から発せられたレーザ光の光路について説明する。

図1において、レーザ光の光路を符号Dで表す。先ず、レーザダイオード11から出射したレーザ光はコリメートレンズ10により平行光に変換され、偏光ビームスプリッタ91、ファラデー素子8、1/2波長板7、偏光ビームスプリッタ61を直進し、さらに、1/4波長板5、1/2波長板4を通る。

【0020】次に、1/2波長板4を透過した平行光は、コリメートレンズ3によって集光されて電気光学素子2に入射し、金属ピン1a側の電気光学素子2の端面に形成された反射膜2aにより反射する。コリメートレンズ3は、反射膜2aからコリメートレンズ3の焦点距離だけはなれた位置に配置されているために、コリメートレンズ10によって平行光に変換されたレーザ光は、反射膜2a上の1点に集光される。

【0021】反射膜2aにおいて、反射されたレーザ光は、コリメートレンズ3によって再び平行光に変換され、さらに、1/2波長板4、1/4波長板5を通り、偏光ビームスプリッタ61、91によって分離されて、フォトダイオード14、15に入射し、電気信号に変換される。

【0022】次に、レーザダイオード11から発せられたレーザ光が偏光ビームスプリッタ61、91の反射面61b、91bにおいて、反射した光路について説明する。まず、偏光ビームスプリッタ61の反射面61bにおいて反射されたレーザ光は、この偏光ビームスプリッタ61の下面に設けられた凹凸面61aによって散乱光となって出射するため、プローブ本体17の内面において反射したとしてもフォトダイオード14へ入射することはない。さらに、プローブ本体17には、偏光ビームスプリッタ61を挟んでフォトダイオード14と対向する位置の内面に、反射面61bにおいて反射された光の光軸に対して垂直にならない面を有する反射防止部17

a が設けられている。これによって、仮に反射面 6 1 bにおいて反射された光（図 1 の符号 E）が直進したとしても、フォトダイオード 1 4 へ入射することを防止することができる。

【0023】なお、傾斜面を有した反射防止部 1 7 a の傾斜角度は、偏光ビームスプリッタ 6 1 からの出射光の光路を幾何光学的に光線追跡を行うことによって求め、この光線がフォトダイオード 1 4 内の受光素子（図示せず）の範囲内に入射しない角度に設定すればよい。

【0024】また、偏光ビームスプリッタ 9 1 の反射面 9 1 a において反射されたレーザ光は、この偏光ビームスプリッタ 9 1 の下面に設けられた傾斜面 9 1 a によって屈折して出射するため、プローブ本体 1 7 の内面において反射したとしてもフォトダイオード 1 5 へ入射することはない。さらに、偏光ビームスプリッタ 9 1 を挟んでフォトダイオード 1 5 と対向する位置の内面に、凹凸面を有する反射防止部 1 7 b が設けられている。これによつて、仮に反射面 9 1 b において反射された光（図 1 の符号 F）が直進したとしても、反射防止部 1 7 b の凹凸面によって拡散反射するためフォトダイオード 1 5 へ入射する光の強度を弱めることができる。

【0025】なお、偏光ビームスプリッタ 9 1 の傾斜面 9 1 a の傾斜角度は、偏光ビームスプリッタ 9 1 からの出射光の光路を幾何光学的に光線追跡を行うことによって求め、この光線がフォトダイオード 1 5 内の受光素子（図示せず）の範囲内に入射しない出射角度とこの偏光ビームスプリッタ 9 1 の材料の屈折率から設定すればよい。

【0026】このように、偏光ビームスプリッタ 6 1、9 1 の下面にそれぞれ凹凸面 6 1 a 及び傾斜面 9 1 a を設けて、偏光ビームスプリッタの下面から出射する光の光軸を傾け、さらにプローブ本体 1 7 の内面に反射防止部 1 7 a、1 7 b を設けることによって、不要な反射光がフォトダイオード 1 4、1 5 に入射することを防止できるために結果的に S/N 比を向上することができる。

【0027】なお、図 1 に示した構成は、偏光ビームスプリッタ 6 1 の下面に設けた凹凸面 6 1 a と、偏光ビームスプリッタ 9 1 の下面に設けた傾斜面 9 1 a と、プローブ本体 1 7 の内面に設けた傾斜面 1 7 a 及び凹凸面 1 7 b をすべて備えた例を示したが、これらの少なくとも 1 つを備えるようにしてもよい。例えば、プローブ本体 1 7 の内面に反射防止部 1 7 a、1 7 b を設けず、偏光ビームスプリッタ 6 1、9 1 に凹凸面 6 1 a または、傾斜面 9 1 a を設けるのみにしてもよい。また、偏光ビームスプリッタ 6 1、9 1 は、図 2 に示すキューブ形の偏光ビームスプリッタ 6、9 を用いて、プローブ本体 1 7 の内面に傾斜面を有した反射防止部 1 7 a または、凹凸面を有した反射防止部 1 7 b を設けるのみにしてもよい。

【0028】また、反射防止部 1 7 a、1 7 b は、傾斜

面または凹凸面を設けるのではなく、プローブ本体 1 7 の内面に黒色塗料を塗布することや多孔質の材料によつて内面を構成するようにしてもよい。なお、上記実施の形態において、レーザダイオード 1 1 から連続光を発するようにすれば、リアルタイムオシロスコープ、サンプリングオシロスコープ、スペアナ等の従来からある汎用測定器による信号測定も可能となる。この場合、フォトダイオード 1 4、1 5 に、EOS オシロスコープに代えて、専用コントローラを介して、リアルタイムオシロスコープ、サンプリングオシロスコープ、スペアナなどを接続するようにすればよい。

#### 【0029】

【発明の効果】以上説明したように、請求項 1、4、5 の発明によれば、プローブ本体の内面に反射防止部を設けたため、偏光ビームスプリッタを透過するべき光が反射されたとしてもこの反射光の光軸が反射防止部によつて傾けられ、フォトダイオードに不要な光が入射することを避けることができ、結果的に信号の S/N 比を向上することができるという効果が得られる。

【0030】また、請求項 6、9、10 の発明によれば、偏光ビームスプリッタの出射面を加工して、偏光ビームスプリッタを透過するべき光が反射されて出射されたとしてもその光軸が傾けられるようにしたため、プローブ本体においてこの光が反射したとしてもフォトダイオードに入射することを避けることができる。これによつて、フォトダイオードから出力される信号の S/N 比を向上することができるという効果が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施形態の構成を示した構成図である。

【図 2】従来技術による電気光学プローブの構成を示した構成図である。

#### 【符号の説明】

- 1 プローブヘッド
- 1 a 金属ピン
- 2 電気光学素子
- 2 a 反射膜
- 3 コリメートレンズ
- 4 1/2 波長板
- 5 1/4 波長板
- 7 1/2 波長板
- 8 フラーダー素子
- 10 コリメートレンズ
- 11 レーザダイオード
- 12 コリメートレンズ
- 13 コリメートレンズ
- 14 フォトダイオード
- 15 フォトダイオード
- 16 アイソレータ
- 17 プローブ本体



(6)

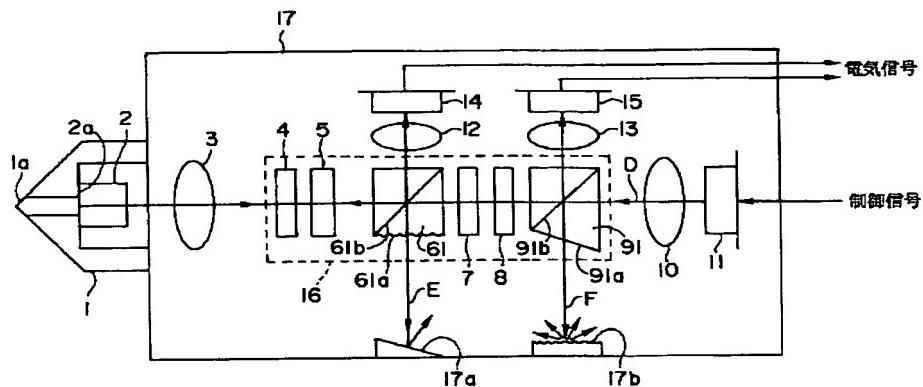


特開2000-171488

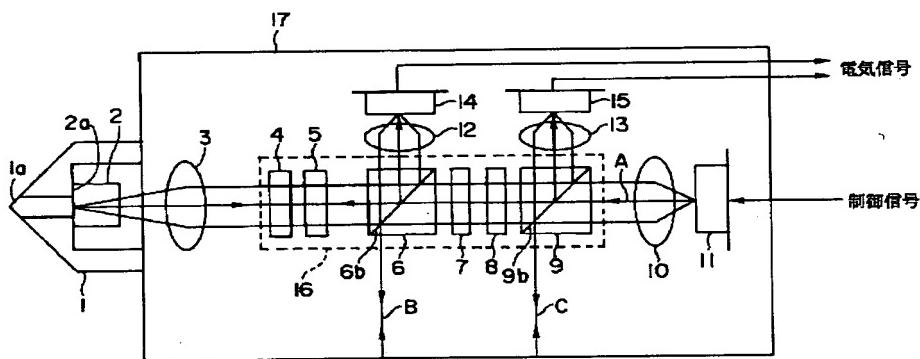
17a 反射防止部  
17b 反射防止部

61 偏光ビームスプリッタ  
91 偏光ビームスプリッタ

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 太田 克志  
東京都大田区蒲田4丁目19番7号 安藤電  
気株式会社内  
(72)発明者 八木 敏之  
東京都大田区蒲田4丁目19番7号 安藤電  
気株式会社内

(72)発明者 品川 满  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内  
(72)発明者 永妻 忠夫  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内  
(72)発明者 山田 順三  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内